

Sujet de stage, PFE ou Master M2 (2ème semestre 2025) – Durée : 6 mois

Titre	Implication d'une méthode d'interaction fluide-structure de capsules déformables par réseaux de neurones physiquement informés
Encadrant(s)	F. De Vuyst, A.-V. Salsac, L. Wicher
Laboratoire/équipe	UMR CNRS 7338 Biomécanique et Bioingénierie – Equipe IFSB
Mots-clés	Interactions fluides-structures, capsules, schéma numérique, schéma implicite, physics-informed neural network, wrapper python, f2py, pytorch
Descriptif du sujet	<p>Le code CAPS3D modélisant l'écoulement de capsules déformables dans un fluide de Stokes (développé par l'équipe IFSB du laboratoire BMBI de l'UTC) met en œuvre une méthode d'éléments finis pour la partie structure et une méthode d'intégrales de frontière pour la partie fluide. Le couplage de l'interaction fluide-structure est réalisé par une méthode explicite. En conséquence, le pas de temps d'avancée temporelle est limité par une condition de stabilité contraignante de type CFL, conduisant à des temps de calcul élevés, voire très élevés. L'idée d'une « implication » du schéma numérique est séduisante, car elle permettrait de le rendre inconditionnellement stable en temps. Toutefois le calcul de la matrice jacobienne dans une méthode de type Newton semble inatteignable et/ou demanderait de très importants développements de code. L'originalité du stage sera d'utiliser des réseaux de neurones avec une fonction de perte physiquement informée (réseaux PINN). Une telle utilisation de réseaux de neurones dans le contexte de l'implication serait en effet totalement nouvelle à notre connaissance, et les retombées scientifiques ont un fort potentiel. Ce stage peut tout à fait être poursuivi par une thèse de Doctorat.</p> <p>Du point de vue technique, il est nécessaire d'adapter d'abord le code CAPS3D écrit en Fortran 90 pour son appel et son pilotage en langage python. Des wrappers python permettront l'appel des méthodes principales de CAPS3D (via l'utilitaire F2PY). L'environnement PyTorch pourra ensuite être utilisé pour la conception du réseau de neurones PINNs. La <i>loss function</i> calculera un résidu d'équation physique implémenté dans CAPS3D.</p>
Profil recherché	Elève ingénieur ou étudiant(e) M2 dans la spécialité Mathématiques Appliquées, Analyse numérique, Sciences des données ou Mécanique Numérique, particulièrement intéressé(e) par les méthodes de Machine Learning, l'IA et les réseaux de neurones profonds. Le/la candidat(e) devra montrer ses capacités à travailler dans un environnement scientifique pluridisciplinaire, et à être à l'aise en développement de code.
Gratification de stage	Au niveau réglementaire
Contact	Florian De Vuyst, PU, équipe IFSB, florian.de-vuyst@utc.fr Anne-Virginie Salsac, DR CNRS, directrice équipe IFSB, a.salsac@utc.fr Lucas Wicher, Doctorant 3 ^e année, équipe IFSB, lucas.wicher@utc.fr